



TITLE:

Development of Steel Shear Walls Capable of Structural Condition Assessment by Using Double-Tapered Links( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

He, Liusheng

---

CITATION:

He, Liusheng. Development of Steel Shear Walls Capable of Structural Condition Assessment by Using Double-Tapered Links. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18977>

RIGHT:

許諾条件により本文は2016/01/01に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	和 留生
論文題目	Development of Steel Shear Walls Capable of Structural Condition Assessment by Using Double-Tapered Links (健全性判定が可能なテーパーリンク付き鋼板耐震壁の開発)		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本研究は、被災時の安全性および社会活動の継続性を向上させることを目的として、（1）大地震時においても建物の損傷をできるだけ低減すること、（2）大地震後に建物が損傷を被ったかどうかを即時に判定すること、を研究課題としている。一般的に使用される耐震部材として鋼板耐震壁に着目し、その部材に建物の健全性判定機能（具体的には最大変形記憶機能）を持たせることによって、上記（1）、（2）の課題を一挙に解決する、健全性判定が可能なテーパーリンク付き鋼板耐震壁を提案した。本論は、提案する鋼板耐震壁の設計法、健全性判定性能と耐震性能の評価、および実大に近い試験体を用いた実証実験を含む全 7 章から構成されている。</p> <p>第 1 章は序論であり、本研究の背景と論文全体の構成を記述している。</p> <p>第 2 章では、関連する既往の研究として、鋼板にスリットを施し剛性と耐力の調整を可能にした鋼板耐震壁（スリット入り鋼板耐震壁）の健全性判定への活用についてまとめている。地震下で大きなせん断変形を被ったときに、スリットで囲われたリンク部分が局部座屈し、その面外変形が残留することを利用したものであるが、現状では、残留する変形量が小さい、早期に破断するなどの問題点がある。</p> <p>第 3 章では、テーパーリンクを提案するに至った経緯と、その特性について検討している。第 2 章で述べた、鋼板耐震壁の面外変形を健全性判定に利用する既往の研究に立脚し、目視でも同定可能なレベルに面外変形を増加させるために、リンク部分にテーパーを与えた。テーパー量を調節することで、塑性変形が集中する部位を制御することが可能となり、破断などを防ぐとともに、局部座屈領域に囲われた部分が面外に回転する。面外変形の有無を客観的に評価するための指標として、板厚に相当する回転を基準回転角と定義するとともに、目視判定における客観性と正確性をより高めるために、変形が常に面内にとどまるリファレンスリンクを導入し、面外に変形したリンクとの差を相対的に評価できる仕組みを提案した。</p> <p>テーパーリンクの特性を同定するために、有限要素法を用いたパラメトリック解析を実施し、面外回転が顕著となるせん断変形角は、主としてリンクの幅厚比に依存することを突き止めた。これらの知見に基づいて、目標とするせん断変形角を 1.5%、2.5%、3.5%とした場合のリンクを設計し、それらのリンクを同一鋼板耐震壁内に連続的に配置することで、地震後に最大せん断変形を推定することが可能となることを示している。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	和 留生
<p>第 4 章では、第 3 章で提案したテーパーリンクが面外変形を呈するせん断変形角に対して、載荷履歴の影響を検証している。耐震壁に代表される履歴ダンパーでは、振幅を漸増させながら正負交番繰り返し載荷を採用することをもって、地震に対する性能を検証することが一般的である。しかしながら、健全性判定の性能を評価する目的においては、局部座屈が発生し顕著な面外変形を呈する前の変形履歴が及ぼす影響は過去の研究においても知見がなく、新たな評価の枠組みが必要である。そこで、多数の地震動に対する 1 質点系の応答を鋼板耐震壁が被るせん断変形履歴とした実験・解析結果から、テーパーリンクの面外挙動においてはせん断変形の最大振幅が支配的で、載荷履歴の影響は限られていることを明らかにしている。これらの知見に基づいて、設計に使用する標準載荷履歴として、繰り返しサイクルを 2 回とした漸増振幅載荷履歴を提案している。</p> <p>第 5 章では、局部座屈後のテーパーリンクのエネルギー消費能力について検討している。面外変形が顕著になった後には、せん断力－変形角関係において耐力は劣化しないものの、ピンチング挙動によりエネルギー消費能力が低下する。そこで、顕著な等方硬化特性を有する極低降伏点鋼で構成したスリット入り鋼板耐震壁と、テーパーリンクを有する耐震壁を並列させた鋼板耐震壁を新たに考案している。極低降伏点鋼がもつ高い伸び能力と等方硬化特性によって、リンクの亀裂発生が抑止されるとともに、塑性化領域がリンク全体に拡がるという特長をもって、高いエネルギー消費能力を達成できることを、一連の実験から明らかにしている。</p> <p>第 6 章では、第 5 章で提案したテーパーリンク付き耐震壁と低降伏点鋼耐震壁の併用システムについて、実大の 2 分の 1 寸法の試験体を製作し、実用化に向けた実証試験を行っている。この実証試験から、提案システムは健全性判定と耐震壁としての性能の両者において、期待通りの挙動を示すことを確認している。</p> <p>第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果を要約している。</p>			

**(論文審査の結果の要旨)**

大地震への備えとして、制振構造に代表されるように損傷を抑制する工夫は効果的である。加えて、地震時や地震直後の混乱を低減するためには、避難が必要か、また継続して建物を使用しても良いか、といった判断を素早く下せる環境づくりが欠かせない。その際、現在開発が進む構造ヘルスマニタリング技術では、従来の建築になじみがないセンサー類を配備し運用しなければならず、初期・維持コストも含めて一般的な建物への適用は難しい。一般的な構造物に用いられる耐震部材にセンサーとしての機能を付与し、建物の最大層間変形を地震後に目視で素早く察知する部材を開発した本研究は、次の点で際立っている。

- (1) 地震時に被った最大変形を記憶する耐震部材として、テーパーリンクを有する鋼板耐震壁を提案し、有限要素法解析および実験においてその性能を検証した。テーパーリンクは、地震によるせん断力に対して面内に変形して抵抗するが、一定のせん断変形角に到達すると局部座屈し、面外に急激に回転を始める。異なるせん断変形角で面外に変形するテーパーリンクを連続配置することから、地震時に建物が被った最大変形を推定する方法を提案した。
- (2) パラメトリック解析の結果から、テーパーリンクが局部座屈後に面外へ急激に回転を始めるせん断変形角は主として幅厚比に依存することを突き止め、異なる幅厚比を持つリンクを連続配置した試験体を用いて、提案耐震壁の最大層間変形推定に対する有効性を実証した。
- (3) 面外変形の有無に関する判定結果における目視点検の精度向上をめざして、面内にのみ変形するリファレンスリンクを設計し、テーパーリンクとの相対面外変位を判定指標とする方法を提案し、実験によりその有用性を確認した。
- (4) テーパーリンクは面外変形の増大とともに、地震エネルギーの消費能力が劣化する特性を有している。そこで、顕著な等方硬化特性を有する極低降伏点鋼を利用したスリット入り鋼板をテーパーリンク鋼板と並列結合した耐震壁を提案し、それが極大変形に至るまでのエネルギー消費能力の維持に効果的であることを明かにした。

以上、健全性判定の指標と耐震壁としての役割を同時に満足する、テーパーリンク付き鋼板耐震壁を、その性能を数値解析と実験により検討した本論文は、震災に対する鋼構造建物安全性確認の迅速化・合理化という命題に対して、実現可能かつ有益な情報を提供するものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 27 年 2 月 20 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。